

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-017484

(43)Date of publication of application : 20.01.1989

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 62-172893

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 13.07.1987

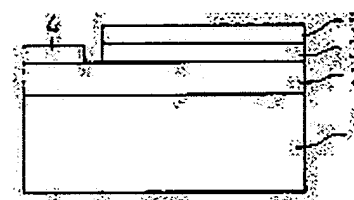
(72)Inventor : TANAKA HIDENAO
MATSUOKA TAKASHI
OE KUNISHIGE

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To increase a current injection amount and to enhance light emitting efficiency by using a heterojunction of a preferable group III nitride as a light emitting unit, i.e., a light emitting layer and a current injection layer.

CONSTITUTION: An $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.21}\text{In}_{0.59}$ N-type current injection layer (clad layer) 2 of $53\mu\text{m}$, a $\text{Ga}_{0.43}\text{In}_{0.57}$ N-type light emitting layer 3 of $0.5\mu\text{m}$, a current injection layer and Au electrodes 4, 5 for the light emitting layer are provided on a sapphire substrate 1. The current injection layer is formed of an N-type low resistance, and the light emitting layer is doped with Zn as a high resistance. When a voltage is applied with the electrode 5 as a positive side, carrier is injected to a GaInN light emitting layer, thereby emitting a blue color of approx. 4800nm . Carrier flows also to an AlGaInN current injection 2, but band gap difference is approx. 0.4eV , reactive current is reduced by the effect of band discontinuity, thin to $0.5\mu\text{m}$, and a light is emitted in high efficiency of 1% of external quantum efficiency even with the low resistance light emitting layer as compared with a conventional one.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許出願公告番号

特公平6-14564

(24)(44)公告日 平成6年(1994)2月23日

(51)Int.Cl.

H 01 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 8934-4M

発明の数1(全4頁)

(21)出願番号 特願昭62-172893

(22)出願日 昭和62年(1987)7月13日

(65)公開番号 特開平1-17484

(43)公開日 平成1年(1989)1月20日

(71)出願人 999999999

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

(72)発明者 田中 秀尚

神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本
電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

(72)発明者 松岡 隆志

神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本
電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

(72)発明者 尾江 邦重

神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本
電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

(74)代理人 弁理士 高山 敏夫 (外1名)

審査官 恩田 春香

(56)参考文献 特公 昭55-3834 (JP, B2)

54)【発明の名称】 半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$, $x>0$) からなる発光層と、

該発光層と同じ格子定数を持ち、且つ発光層よりもバンドギャップの大きい $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ ($x'+y'+z'=1$, $x'>x>0$, $z'>0$) からなる電流注入層とを有し、

前記発光層と電流注入層は界面において格子整合条件で接することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 $Al_xGa_yIn_zN$ および $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ 層として、ウルツ鉱型 ZnO 単結晶基板に格子整合した構造を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

【請求項3】 $Al_xGa_yIn_zN$ および $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ 層として、食塩型 CaO , MnO , CdO 単結晶基板に格子整合した構

造を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

【請求項4】 $Al_xGa_yIn_zN$ および $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ 層として、六方最密充填型 Zr , Hf およびその合金の金属単結晶基板に格子整合した構造を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

(産業上の利用分野)

本発明は、化合物半導体発光素子に関するものであり、更に詳述するならば、可視光短波長(青色)から紫外で発光する半導体発光素子に関するものである。

(従来技術及び発明が解決しようとする問題点)

可視光短波長の半導体発光素子として、発光効率の高いものは従来 GaN を用いて形成されている。第3図にその基本構造を示す。1は Al_2O_3 基板で n 型 GaN 層(電流注入

層) 2 と、Znドーブ高低抗Ga_N層 3 を有し、電極 4、5 からキャリアを注入して、高低抗層内で再結合、発光させる。本素子で発光強度を上げるには量子抵抗を下げ、注入電流量を上げねばならない。しかしこの構造で量子抵抗を下げるには高低抗層を厚くする必要がある。しかるに、高低抗層を厚くすると、発光に寄与せずn型Ga_N層へ流れる無効電流が増加し、発光効率(外部量子効率)が下がってしまう。またn型Ga_NとZnドーブ高低抗Ga_Nとは屈折率の差が殆んど無いので、後述する本発明のごとくクラッド層として導波構造をなすことができなかった。

このためこの構造の素子では、オオキらは1981年の「GaAs及び関連化合物物性会議」で述べているように(Y. Ohki, Y. Toyoda, H. Kobayashi and I. Akasaki, Int. Symp. GaAs and Related Compounds, Japan(1981) pp.479)、外部量子効率が0.12%までのものしか得られていず、発光強度を十分上げることができない欠点を持っている。

(発明の目的)

本発明は上記の欠点を改善するために提案されたもので、その目的は、電流注入量が多くとれ、かつ発光効率の高い、可視光短波長を発光する半導体発光素子を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

上記の目的を達成するため本発明は $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$, $x>0$) からなる発光層と、該発光層と同じ格子定数を持ち、且つ発光層よりもバンドギャップの大きい $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ ($x'+y'+z'=1$, $x'>x>0$, $z'>0$) からなる電流注入層とを有し、前記発光層と電流注入層は界面において格子整合条件で接することを特徴とする半導体発光素子を発明の要旨とするものである。

しかして本発明の特徴とする点は、半導体レーザにおいて、発光部は発光層と電流注入層より構成され、両者はいずれもIII族窒化物より形成され、互いに格子整合が良好であり、かつバンドギャップが不連続であり、すなわち発光層のバンドギャップが、電流注入層のバンドギャップより小であることにある。このバンドギャップの不連続により注入されたキャリアの発光層からの外への流れが妨げられ、かつ発光層と電流注入層との屈折率の差により、発生した光が発光層内に閉じ込められるものである。

III族元素(Ga, Al, In) 窒化物は、すべてウルツ鉱型結晶構造をしており、かつ直接遷移型のバンド構造を持っている。

第4図に(001)面上の格子定数とバンドギャップの関係を示す。この図からわかるように、InとGa又はAlを含む三元混晶および四元混晶等を用いることで格子整合条件でバンドギャップの異なる材料の層構造を形成でき、良質なヘテロ接合構造を得ることが可能である。

基板としては、従来のGa_Nの発光素子と同様に Al_2O_3 (サ

ファイヤ)を用いることができるが、ウルツ鉱型の結晶構造を持つZnO基板を用いると、第4図の破線で示したようなAlGaInNを基板と含めて格子整合条件で形成することができ、特に良質なヘテロ接合構造が得られる。また、食塩型GaO, MnO, CdO単結晶の(111)面や六方最密充填型Zr, Hf金属単結晶の上にも格子整合条件でAlGaInNを形成することができる。

このような半導体ヘテロ接合では、エネルギーギャップの違いにより必然的にバンドギャップ不連続を生じている。このバンドギャップ不連続は、バンドギャップの小さい半導体からのキャリアの流れに対してバリアの働きをする。

本発明は、上述のIII族窒化物の良質なヘテロ接合を発光部すなわち発光層と電流注入層に用いることを特徴としており、従来の発光層と電流注入層が単一材料の発光素子と異なり、バンドギャップ不連続により、注入されたキャリアの発光層から外への流れが妨げられることにより、発光層内で発光再結合するキャリアが増加することを物理的根拠としている。

次に本発明の実施例について説明する。なお、実施例は一つの例示であって、本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の変更あるいは改良を行うことは言うまでもない。

(実施例1)

第1図は本発明の半導体発光素子の第1の実施例を説明する図であり、発光素子の断面を示したものである。サファイア基板1の上に $5\mu m Al_{0.20}Ga_{0.21}In_{0.59}N$ 電流注入層(クラッド層)2と、 $0.5\mu m$ の $Ga_{0.43}In_{0.57}N$ 発光層3と、電流注入層および発光層に対するAu電極4、5とを有している。電流注入層はn型で低抵抗であり、発光層はZnをドーブし高抵抗にしてある。電極5を正の側として電圧を加えると、GaInN発光層にキャリアが注入され約480nmの青色で発光する。キャリアはAlGaInN電流注入層2へも流れるが、バンドギャップ差が約0.4eVあり、バンド不連続の効果により無効電流が少なくなり、 $0.5\mu m$ と薄く、従来に比べ低抵抗の発光層でも外部量子効率1%と高効率で発光した。

なお、発光層と電流注入層に本発明で開示した異種材質の組合せを用いると、電流注入層の屈折率が発光層の屈折率に比べて低くなり、いわゆるクラッド層として作用し、光を閉じ込める導波構造を実現できるので、発光効率を高めることができる。

(実施例2)

第2図は本発明の第2の実施例を説明する図である。図において、ZnO基板1の上に $2\mu m Al_{0.33}Ga_{0.39}In_{0.28}N$ 第1の電流注入層(第1のクラッド層)2と、 $0.3\mu m$ の $Ga_{0.76}In_{0.24}N$ 発光層3、さらに $0.1\mu m$ の $Al_{0.33}Ga_{0.39}In_{0.28}N$ 第2の電流注入層(第2のクラッド層)2aと四電流注入層2および2aに対する電極4、5を有している。電極5を正の側として電圧を加えると、薄

い電流注入層2aを通してキャリアが発光層3に注入される。この実施例の構造では、発光層の両側にバンド不連続があり、キャリアのもどりも少なくすることができている。素子の抵抗はほとんど高抵抗の電流注入層2aで決まっているが、0.1 $\mu\Omega$ と低いため、従来の1/10近くになっている。本素子では発光した光は、クラッド層として作用する電流注入層にはさまれて導かれ、主に層に平行な方向へ放出される。発光波長は4000Åの紫色であり、外部量子効率3%が得られた。

これらの結果から明らかなように、従来の発光素子に比べ発光効率の著しい改善が得られた。

（発明の効果）

概略のように本発明によれば、半導体発光素子において、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ ($x+y+z=1$, $x>0$) からなる発光層と、該発光層と同じ格子定数を持ち、且つ発光層よりもバンドギャップの大きい $\text{Al}_{x'}\text{Ga}_{y'}\text{In}_{z'}\text{N}$ ($x'+y'+z'=1$, $x'>x>0$, $z'>0$) からなる電流注入層とを有し、前記発光層と電流注入層は界面において格子整合条件で接することにより、

①発光層の $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ はバンドギャップと格子定数を独立に制御可能であるので、格子整合条件を保ちつつ、バンドギャップの異なる発光層と電流注入層を積層する事

が出来、良質なヘテロ接合構造が得られる。

② $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ を用いることにより $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ よりも短波長（バンドギャップの大きな）の発光素子が実現できる。

③発光層と電流注入層との界面における格子整合条件を満たす発光層とを電流注入層を用いることにより良質なヘテロ接合が得られる。即ち、格子不整合によるミスフィット転位の発生が防止され、非発光再結合センタによる発光効率の低下やキャリア閉じ込め効果の低下を防止できる。

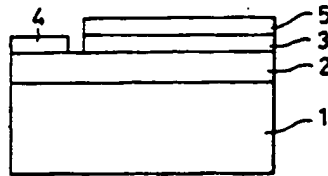
等の効果を有するものである。

【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の半導体発光素子の第1の実施例の構造の概略を示し、第2図は本発明の第2の実施例の構造、第3図は従来技術の発光素子の構造、第4図はIII族元素（Al, Ga, In）窒化物の（001）面上の格子定数とバンドギャップエネルギーの関係を示したものである。

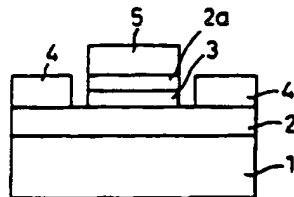
- 1……基板
- 2, 2a……電流注入層
- 3……発光層
- 4, 5……電極層

【第1図】



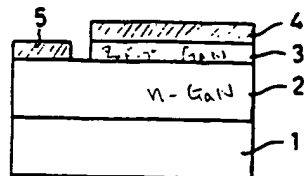
- 1— Al_2O_3 (サファイヤ)
- 2— $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.25}\text{In}_{0.5}\text{N}$ 基板電流注入層 (クラッド層)
- 3— $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{N}$ 発光層
- 4, 5—Au 電極層

【第2図】



- 1—ZnO 基板
- 2— $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.25}\text{In}_{0.5}\text{N}$ 電流注入層 (サ1のクラッド層)
- 2a— $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.25}\text{In}_{0.5}\text{N}$ 電流注入層 (サ2のクラッド層)
- 3— $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{N}$ 発光層
- 4, 5—Au 電極層

【第3図】



- 1— Al_2O_3 基板
- 2—n型 GaN 層 (電流注入層)
- 3—Znドープ高抵抗 GaN (発光層)
- 4, 5—Au 電極

【第4図】

